

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ДЕТАЛИ ПРИБОРОВ ВЫСОКОТОЧНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ. СТАБИЛИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

ОСТ4 ГО.054.103

Редакция 1—74

Издание официальное

отд 2850	Исполнит	Проверил	Нач. отд	Гл. инж.
302.119-2005	Романова	Степанова	Исупов	Родин
от 18.02.05	[signature] 18.02.05	[signature]	[signature]	[signature]

Основание: сл. записка № 89/2720 от 10.02.05
Разослать: 2041, 2111, 2113, 2118, 2611, 2612, 2621, 2720, 2850
Применяемость: "Сангур-1П"

УДК 658.512.6:621.785 Группа Т53

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ДЕТАЛИ ПРИБОРОВ ВЫСОКОТОЧНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ. СТАБИЛИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ Типовые технологические процессы	ОСТ4 ГО.054.103 Редакция 1—74 Взамен ОСТ4 ГО.054.037

Директивным письмом от 24 сентября 1974 г. № 22-108/19/417/17-42/52 стандарт внедряется как рекомендуемый с 1 июля 1975 г. до 1 июля 1976 г., срок введения стандарта как обязательного установлен с 1 июля 1976 г.

Настоящий стандарт устанавливает типовые технологические процессы стабилизирующей термической обработки деталей основного и вспомогательного производства и сборочных единиц высокоточных приборов, к которым по условиям эксплуатации и хранения предъявляются требования к постоянству размеров.

Стандарт разработан в соответствии и в развитие ГОСТ 17535—72.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Геометрическая нестабильность металлических деталей может быть следствием двух причин:

— наличия и постепенной релаксации внутренних напряжений, проходящей в материале изделий в условиях различных видов испытаний, хранения и эксплуатации;

— структурной нестабильности.

1.2. Преимущественное влияние первой или второй причины на развитие процессов, вызывающих геометрическую нестабильность, определяется маркой материала, его структурным состоянием, а также конфигурацией детали.

1.3. Все способы понижения внутренних напряжений или их стабилизации на определенном уровне, все способы увеличения стабильности структуры обеспечивают повышение постоянства размеров и формы деталей.

1.4. Рассматриваются следующие методы стабилизирующей обработки:

— стабилизирующий нагрев (отжиг, отпуск, старение);

— обработка при температуре ниже 0°С (обработка холодом);

— термоциклическая стабилизирующая обработка (ТЦСО);

1.5. Стабилизирующий нагрев является основным средством стабилизации структуры и понижения внутренних напряжений. Температура нагрева с целью стабилизации структуры зависит от природы сплава, его структурного состояния и предшествующих технологических операций (горячей или холодной пластической деформации, механической обработки резанием и т. д.).

Эффективность нагрева с целью снятия внутренних напряжений увеличивается с повышением температуры.

1.6. Обработка холодом стальных деталей высокоточных приборов необходима при содержании в структуре остаточного аустенита. Указанную обработку следует производить непосредственно после закалки (перед отпуском на требуемую твердость) в интервалах температур от минус 50 до минус 190°С.

Обработка холодом стальных деталей в отожженном состоянии или из закаленной стали, не содержащей в структуре остаточного аустенита, нецелесообразна.

1.7. Термоциклическая стабилизирующая обработка, заключающаяся в чередовании операции нагрева и охлаждения, применяется для:

— стабилизаций размеров деталей, материал которых содержит фазы с резко различающимися коэффициентами линейного расширения;

— стабилизации размеров ответственных деталей приборов из сплавов, содержащих фазы с различающимися коэффициентами линейного расширения, или деталей из различных материалов.

1.8. При назначении режимов термоциклической стабилизирующей обработки нижняя температура цикла, в зависимости от возможностей производственного оборудования, должна быть минимальной.

Скорость охлаждения деталей и сборочных единиц до минусовой температуры практически не влияет на эффективность циклической обработки, поэтому она может иметь любое значение (в зависимости от источников охлаждения).

1.9. Температура и скорость нагрева при термоциклической стабилизирующей обработке должна быть максимальной, но ограничиваться требованиями сохранения физико-механических свойств и качества поверхности. Для алюминиевых сплавов в термически упрочненном состоянии температура нагрева ограничивается температурой искусственного старения, для неупрочняемых сплавов может соответствовать температуре обычного отжига.

Термоциклическая обработка во всех случаях заканчивается операцией нагрева.

1.10. При изготовлении деталей высокоточных приборов необходимо чередование операций механической обработки и операций термической стабилизации размеров для того, чтобы возникающие при обработке напряжения снимались по мере появления — это позволяет получить минимальный уровень остаточных напряжений.

1.11. Кратность указанного чередования, т. е. число промежуточных термических операций, зависит от:

— требуемой степени постоянства размеров;

— габаритных размеров и сложности конфигурации деталей;

— соотношения между поверхностью и массой изделия, а также между всей поверхностью и частью, подвергаемой механической обработке.

При высоких требованиях к постоянству размеров и при механической обработке большей части поверхности (особенно при малой толщине стенок) необходимо неоднократное чередование механических и термических операций.

1.12. Во избежание коробления тонкостенных деталей сложной формы стабилизирующую обработку рекомендуется проводить в приспособлениях, фиксирующих геометрию деталей.

1.13. В зависимости от конфигурации и габаритных размеров деталей припуск на механическую обработку по усмотрению технолога может быть изменен.

1.14. В зависимости от специфики производства последовательность операций может быть изменена по усмотрению технолога.

1.15. Если недопустимо окисление поверхностей деталей, стабилизирующую обработку следует проводить в вакууме или в защитной среде.

1.16. Разрыв во времени между операциями охлаждения и нагрева при термоциклической обработке не регламентируется.

1.17. Обработка холодом должна производиться не позже, чем через 2 ч после закалки.

1.18. Охлаждение с печью должно проводиться со скоростью не более 100°С/ч.

1.19. Все закаленные детали с твердостью HRC $\geq$ 50 для уменьшения шлифовочных напряжений не позднее трех часов после шлифовки подвергать отпуску при температуре на 30—50°С ниже температуры, предшествующей стабилизирующей обработки, с выдержкой не менее трех часов.

1.20. Для деталей с большим объемом механической обработки стабилизирующую термическую обработку проводить в два приема. При этом суммарная продолжительность операций не должна превышать время, предусмотренное настоящим стандартом.

1.21. Для деталей из дисперсионно-твердеющих сплавов, термически обрабатываемых для получения высокой твердости, упрочняющее старение допускается проводить перед окончательной механической обработкой.

1.22. Время выдержки нагрева для закалки, нормализации и отпуска (когда время не указывается) назначают в зависимости от толщины стенок деталей и возможностей производственного оборудования (печей, соляных ванн и т. п.).

1.23. В зависимости от деталей и специфики производственных условий защитное покрытие может производиться после окончательной механической обработки или после стабилизирующего старения. Если в этом случае нанесение покрытия связано с нагревом при температуре 100°С и выше, заключительная операция стабилизирующей обработки опускается.

1.24. По требуемой степени постоянства геометрической формы и размеров, детали высокоточных приборов делятся на три категории.

Категорию деталей определять согласно данным приложения 2 ГОСТ 17535—72.

1.25. Детали высокоточных приборов должны изготавливаться из материалов с характеристиками размерной стабильности, приведенными в приложении 3 ГОСТ 17535—72.

1.26. В зависимости от способа сборки и механической обработки в сборке все сборочные единицы условно можно разделить на три типа:

1 тип. Соединение деталей методом запрессовки, съем металла при этом не более 0,3 *мм* на сторону; поверхность съема металла не более 20% поверхности сборочных единиц;

2 тип. Соединение деталей винтами, болтами и т. д., съем металла 0,2—1,0 *мм* на сторону; поверхность съема составляет 20—60% общей поверхности сборочных единиц;

3 тип. Сборочные единицы аналогичные типу 2, но со съемом металла не более 0,2 *мм* на сторону; поверхность съема металла не более 20% поверхности сборочных единиц.

1.27. Пример записи в технической документации процесса стабилизирующей термической обработки:

— для деталей 3 категории с твердостью HRC 40...45: «Стабилизировать по 3 категории HRC 40...45 ОСТ4 ГО.054.103»;

— для сборочных единиц 3 типа: «Стабилизировать по 3 типу ОСТ4 ГО.054.103».

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.1. Детали, поступающие на термическую обработку, не должны быть более 400 мм и должны удовлетворять следующим требованиям:

— соответствовать требованиям чертежа и технологической карты, должны быть приняты ОТК по предшествующим операциям;

— детали перед термической обработкой должны быть тщательно очищены от грязи, масла, краски и обезжирены;

— детали не должны иметь острых углов, резких переходов от толстых сечений к тонким.

2.2. Детали, прошедшие термическую обработку, должны удовлетворять требованиям чертежа и технологии.

3. СХЕМЫ ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ВЫСОКОТОЧНЫХ ПРИБОРОВ. РЕЖИМЫ ОСНОВНОЙ И СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

3.1. Схемы типовых технологических процессов изготовления деталей высокоточных приборов и режимы основной и стабилизирующей термической обработки для наиболее распространенных черных и цветных металлов приведены в табл. 1—31.

Операции стабилизирующего отпуска по режиму II (табл. 13—16 операция 6; табл. 17, 18, операция 8) стальных деталей и стабилизирующего отжига по режиму II (табл. 30, 31, операция 5) титановых сплавов, имеющих окончательно обработанные поверхности, производить в вакууме при остаточном давлении $P_{ост} < 10^{-3}$ мм рт. ст. или в печах с нейтральной атмосферой. Для стальных деталей допускается стабилизирующий отжиг по режиму II производить в печах без защитной атмосферы с последующей обязательной электрополировкой, при этом на поверхностях с допуском на размер менее 0,2 мм должен быть оставлен припуск 0,2—0,5 мм.

3.2. Для деталей простой формы с симметричным съемом металла, но с высокими требованиями по размерной стабильности, допускается отдельные операции опускать.

3.3. В случае получения заготовок из стали 268Л и сплава АЛ9 специальными видами литья (по выплавляемым моделям, под дав-

лением и т. д.) с небольшими припусками на механическую обработку (не более 1,5 *мм*) операции 3 и 4 табл. 1 и операции 3 и 4 табл. 13 разрешается не производить.

3.4. При изготовлении деталей из цементируемых сталей после операции 3 табл. 21 допускается оставлять больший припуск на поверхностях, не подвергающихся цементации, который удаляется после цементации. Вместо меднения мест, не подвергающихся цементации, допускается на этих поверхностях оставлять припуск, превышающий глубину слоя, который удаляется после цементации.

3.5. Схемы типовых технологических процессов изготовления деталей, подвергающихся в процессе изготовления пайки твердым и мягким припоями, и режимы их стабилизирующей обработки приведены в табл. 32 –34.

3.6. Схема типового технологического процесса изготовления и режимы стабилизирующей термической обработки сборочных единиц высокоточных приборов приведены в табл. 35 и 36.

3.7. Оборудование, применяемое при основной и стабилизирующей термической обработке деталей и сборочных единиц, приведено в рекомендуемом приложении.

Таблица 1

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из литейных алюминиевых сплавов, не подвергающихся термическому упрочнению

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение отливки		
2	Отжиг по режиму I		
3	Механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 *мм* на сторону по наиболее точным размерам	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 *мм* на сторону	
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующий отжиг по режиму II	
5	Окончательная механическая обработка	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 *мм* на сторону по наиболее точным размерам	
6	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Термоциклическая стабилизирующая обработка по режиму III
7	—	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие
8	—	—	Окончательная механическая обработка
9	—	—	Заключительное старение по режиму IV

Примечание. Термоциклическая стабилизирующая обработка может производиться после окончательной механической обработки.

Таблица 2

Режимы термической обработки деталей высокоточных приборов из литейных алюминиевых сплавов, применяемых без термического упрочнения

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
АЛ2 АЛ9	Отжиг по режиму I	270—290	3,0—5,0	Воздух
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	270—290	6,0—10,0	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
	Термоциклическая стабилизирующая обработка (2—3 цикла) по режиму III:			
	охлаждение	Минус 40—минус 190	В жидкой среде 0,35—0,5 или в термокамере не менее 1,0	Воздух или жидкость
	нагрев	80—150	1,0—2,0	Воздух или жидкость. При третьем цикле—воздух
	Заключительное старение по режиму IV	115—125	3,0—5,0	Воздух

Примечания:

1. Термоциклическую стабилизирующую обработку после окончательной механической обработки целесообразно проводить в термокамерах.
2. При термоциклической стабилизирующей обработке охлаждение после нагрева может производиться на воздухе до температуры 18—35°С, затем в охлаждающей среде до нижней температуры цикла.
3. При термоциклической стабилизирующей обработке нагрев после охлаждения может производиться:
— до температуры 18—35°С на воздухе, затем в печи до верхней температуры цикла;
— в печи до верхней температуры цикла.
4. Разрыв между операциями охлаждения и нагрева при термоциклической стабилизирующей обработке не регламентируется.

Таблица 3

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из литейных алюминиевых сплавов, подвергающихся термическому упрочнению

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение отливки		
2	Упрочняющая термическая обработка (закалка и искусственное старение) по режиму I		
3	Механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 мм на сторону	
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующее старение по режиму II	
5	Окончательная механическая обработка	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	
6	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Термоциклическая стабилизирующая обработка (для АЛ9) Стабилизирующее старение (для АЛ24) по режиму III
7	—	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие
8	—	—	Окончательная механическая обработка
9	—	—	Стабилизирующее старение по режиму IV

Таблица 4

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из литейных алюминиевых сплавов, подвергающихся термическому упрочнению

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
АЛ9	Упрочняющая термообработка по режиму I: закалка	530—540	4,0—6,0	Вода с температурой 70—90°С
	старение	220—235	3,0—4,0	Воздух
	Стабилизирующее старение по режиму II	200—220	3,0—6,0	То же
	Термоциклическая стабилизирующая обработка (2—3 цикла) по режиму III: охлаждение	Минус 40 —минус 190	В жидкой среде 0,35—0,5 или в термокамере не менее 1,0	Воздух или жидкость
	нагрев	80—150	1,0—2,0	При последнем цикле на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму IV	115—125	3,0—5,0	Воздух
АЛ24	Упрочняющая термообработка по режиму I: закалка	540—560	4,0—6,0	То же
	старение	160—170	12,0—14,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	4,0—6,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму III	160—170	4,0—6,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму IV	115—125	4,0—6,0	»

Примечания:
1. Для деталей I категории старение после закалки может производиться при температуре 150°С в течение 4—6 ч.
2. Сплав АЛ9 в состоянии термического упрочнения для деталей 2—3 категории применять не рекомендуется.

Таблица 5

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из литейных магниевых сплавов, подвергающихся термическому упрочнению

Последовательность операции	Операция обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение отливки		
2	Упрочняющая термическая обработка (закалка и искусственное старение) по режиму I		
3	Механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 мм на сторону	
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующее старение по режиму II	
5	Окончательная механическая обработка	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	
6	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Термоциклическая стабилизирующая обработка (для спл. МЛ5). Стабилизирующее старение (для спл. МЛ10) по режиму III
7	—	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие
8		—	Окончательная механическая обработка
9	—	—	Стабилизирующее старение по режиму IV

Примечание. Для деталей из сплава МЛ5 в случае, если они подвергаются герметизирующей пропитке с последующей сушкой при температуре свыше 150°C, последующая операция стабилизирующего старения опускается.

Таблица 6

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из литейных магниевых сплавов, подвергающихся термическому упрочнению

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
МЛ5	Упрочняющая термообработка по режиму I:			
	закалка	410—420	8—12	Воздух
	старение	185—195	—10	То же
	Стабилизирующее старение по режиму II	185—195	4—6	»
	Термоциклическая стабилизирующая обработка (2—3 цикла) по режиму III:			
	охлаждение	Минус 60—минус 80	1—2	Воздух или жидкость
	нагрев	185—195	2—3	При последнем цикле на воздухе
МЛ10	Упрочняющая термообработка по режиму I:			
	закалка	530—540	8—12	Сжатый воздух
	старение	190—210	7—8	Воздух
	Стабилизирующее старение по режиму II	195—205	4—6	То же
	Стабилизирующее старение по режиму III	195—205	2—4	»
	Стабилизирующее старение по режиму IV	115—125	8—10	»

Таблица 7

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из деформируемых алюминиевых и магниевых сплавов, применяемых без термического упрочнения

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 мм на сторону		
2	Отжиг по режиму I		
3	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам		
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующий отпуск или старение по режиму II	
5	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
6	—	Окончательная механическая обработка	
7	—	—	Стабилизирующее старение, по режиму III

Примечание. В зависимости от конфигурации и габаритов деталей припуск на механическую обработку перед отжигом может быть изменен.

Таблица 8

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из деформируемых алюминиевых и магниевых сплавов, применяемых без термического упрочнения

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
АД АД1	Отжиг по режиму I	200—250	2,0—3,0	Воздух
АМц	То же	250—300	2,0—3,0	То же
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	150—200	1,0—2,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму III	115—125	4,0—6,0	»
АМг1 АМг2 АМг3	Отжиг по режиму I	180—200	2,0—3,0	»
	То же	250—300	2,0—3,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму II	95—105	4,0—6,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму III	95—105	4,0—6,0	»
АМг6	Отжиг по режиму I	310—330	2,0—4,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму II	95—105	4,0—6,0	»
	Стабилизирующее старение по режиму III	95—105	4,0—6,0	»
Д1 Д16	Отжиг по режиму I	380—420	2,0—4,0	С печью до температуры 250°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	230—250	2,0—4,0	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму III	115—125	4,0—6,0	Воздух
МА8	Отжиг по режиму I: для листов	320—350	0,5—1,0	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе

Продолжение табл. 8

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °C	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
	для прутков, плит и штамповок	320—350	2,0—4,0	С печью до температуры 150°C далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	250—270	1,0—2,0	Воздух
	Стабилизирующее старение по режиму III	95—105	4,0—6,0	То же
МА2-1	Отжиг по режиму I: для листов	260—280	0,5—1,0	С печью до температуры 150°C или на воздух
	для прутков, плит и штамповок	260—280	2,0—4,0	То же
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	250—270	0,5—4,0	Воздух
	Стабилизирующее старение по режиму III	95—105	4,0—6,0	То же

Примечание. Охлаждение с печью производить со скоростью не более 100°C/ч

Таблица 9

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из деформируемых алюминиевых сплавов, применяемых в состоянии термического упрочнения

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 мм на размер		
2	Упрочняющая термическая обработка (закалка и естественное старение) по режиму I		
3	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам		
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующее старение по режиму II	
5	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
6	—	Окончательная механическая обработка	
7	—	—	Стабилизирующее старение по режиму III

Примечания:

1. В зависимости от конфигурации и размеров деталей припуск на механическую обработку перед закалкой может быть изменен.

2. Детали 2 и 3 категории в состоянии термического упрочнения применять не рекомендуется.

Таблица 10

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из деформируемых алюминиевых сплавов, применяемых в состоянии термического упрочнения

Марка сплава	Вид полуфабриката	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
Д1	Все виды	Упрочняющая термообработка по режиму I: закалка	495—510	В зависимости от толщины	Вода с температурой 70—90°С
Д16	»	То же	485—503	То же	То же
	Прессованные	Старение	18—35	96	Воздух
	Листы	То же	18—35	96	То же
		Стабилизирующее старение по режиму II	185—195	5—6	»
		Стабилизирующее старение по режиму III	115—125	8—10	»
В95	Все виды	Упрочняющая термообработка по режиму I: закалка	465—475	В зависимости от толщины	Вода с температурой 70—90°С
	Прессованные	Старение	135—145	15—16	Воздух
	Листы	То же	115—125	22—27	То же
	Прессованные	Стабилизирующее старение по режиму II	135—145	15—16	»
	Листы	То же	115—125	8—10	»
	Все виды	Стабилизирующее старение по режиму III	95—105	8—10	»
АК6	Прутки	Упрочняющая термообработка по режиму I: закалка	505—525	В зависимости от толщины	Вода
		старение	150—165	6—15	Воздух

Продолжение табл. 10

Марка сплава	Вид полуфабриката	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
		Стабилизирующее старение по режиму II	160–165	5–8	Воздух
		Стабилизирующее старение по режиму III	135–145	10–12	То же

Примечания

1. Детали из сплавов Д1, Д16 и В95, относящиеся к I категории, разрешается закаливать в воде с температурой 20–60°С.

2. С целью предотвращения поводки допускается производить закалку плоских деталей (толщиной до 12 мм) из сплавов Д1, Д16 и В93 путем охлаждения между стальными плитами; при этом в процессе охлаждения температура плит не должна превышать 40–50°С. Стальные плиты должны быть гладкие, ровные, толщиной 20–30 мм.

3. Продолжительность выдержки берется по нижнему пределу для деталей I и 2 категорий, по верхнему — для деталей III категории.

4. Для деталей из сплавов Д1 и Д16 вместо естественного старения может применяться искусственное с температурой 185÷195°С, временем выдержки 6–12 ч.

Таблица 11

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из алюминиевого сплава с низким коэффициентом линейного расширения САС-1

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение заготовок		
2	Отжиг заготовок по режиму I		
3	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 мм на сторону		
4	Стабилизирующий отпуск по режиму II		
5	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	
6	Окончательная механическая обработка	Стабилизирующее старение по режиму III	Термоциклическая стабилизирующая обработка по режиму III$_a$
7	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
8	—	—	Окончательная механическая обработка
9	—	—	Стабилизирующее старение по режиму IV

S-A/12878

Таблица 12

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из сплава САС-1

Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
Отжиг по режиму I	400—420	4,0—6,0	С печью до температуры 150—200°С, далее на воздухе
Стабилизирующий отпуск по режиму II	270—290	4,0—6,0	То же
Термоциклическая стабилизирующая обработка (3 цикла) по режиму III:			
охлаждение	Минус 70—минус 190	0,5—1,0	Жидкая среда
нагрев	170—190	1,0—2,0	Воздух или жидкость. При последнем цикле на воздухе
Стабилизирующее старение по режиму IV	115—125	4,0—6,0	Воздух

Примечания:

1. Охлаждение с печью производить со скоростью не более 100°С/ч.
2. При термоциклической обработке охлаждение после нагрева может производиться на воздухе до температуры 18—35°С, затем в охлаждающей среде до нижней температуры цикла.
3. При термоциклической обработке нагрев после охлаждения может производиться:
— до температуры 18—45°С на воздухе, затем в печи до верхней температуры цикла;
— в печи до верхней температуры цикла.
4. Разрыв между операциями охлаждения и нагрева при термоциклической обработке не регламентируется.

8187/65

Таблица 13

Схема типового технологического изготовления деталей высокоточных приборов из литой стали, применяемой без термического упрочнения

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям 1	2	3
1	Получение отливок		
2	Отжиг или нормализация с высоким отпуском		
3	Механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	Предварительная механическая обработка с припуском 1,5—2,0 мм на сторону	
4	Стабилизирующий отжиг по режиму I		
5	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Чистовая механическая обработка с припуском 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	
6	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующий отпуск по режиму II
7	—	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие
8	—	—	Окончательная механическая обработка
9	—	—	Стабилизирующее старение по режиму III

Примечания:

1. Термическую обработку литых деталей любой категории с требованиями по твердости после предварительной механической обработки вести согласно табл. 17—20.

2. Для отливок из стали 20Х13Л после операции 1 необходимо производить отжиг согласно табл. 14, дальнейшую обработку вести согласно табл. 17—20.

Таблица 14

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из литой стали, применяемой без термического упрочнения

Марка стали или сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
15Л	Нормализация (для деталей III категории)	950—1000	3—4	Защитная атмосфера со скоростью, которую позволяет оборудование
	Нормализация (для деталей всех категорий)	880—910	3—4	То же
	Высокий отпуск	640—660	5—6	С печью до температуры 300°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	620—640	3—4	С печью до температуры 250°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отпуск по режиму II	500—550	5—6	То же
	Стабилизирующее старение по режиму III	160—170	8—10	Воздух
35Л 45Л 50Л	Нормализация (для деталей III категории)	940—960	3—4	Защитная атмосфера со скоростью, которую позволяет оборудование
	Нормализация (для деталей всех категорий)	850—870	3—4	То же
	Высокий отпуск	640—660	5—6	С печью до температуры 300°С, далее на воздухе
	Отжиг	850—870	4—5	С печью до температуры 400°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	620—640	3—4	С печью до температуры 200—250°С со скоростью не более 100°С/ч, далее на воздухе

Продолжение табл. 14

Марка стали или сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
	Стабилизирующий отпуск по режиму II	500—550	5—6	Воздух
	Стабилизирующее старение по режиму III	160—170	8—10	То же
20Х13Л	Отжиг*	1100—1150	3—5	С печью до температуры 300°С, далее на воздухе
	Закалка	1050—1100	—	Воздух
	Высокий отпуск	550—600	4—5	То же
10Х17Н3СЛ (268Л)	То же	670—690	3—6	»
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	640—660	2—4	»
	Стабилизирующий отпуск по режиму II	500—550	3—6	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму III	160—170	8—10	Воздух

* Отжиг, закалка, высокий отпуск выполняются последовательно для деталей всех категорий независимо от окончательной твердости.

2187/85

Таблица 15

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из сталей различных марок, применяемых без термического упрочнения

Последовательность операций	Операции обработки детали по категориям		
	1	2	3
1	Получение заготовки (отрезка от прутка, штамповка)		
2	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска до 2,0 мм на сторону		
3	Отжиг или нормализация с высоким отпуском		
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска до 0,5 мм на сторону для наиболее точных размеров	
5	Окончательная механическая обработка	Стабилизирующий отжиг по режиму I	
6	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
7	—	Окончательная механическая обработка	
8	—	—	Стабилизирующее старение по режиму II

Примечания:

1. При изготовлении деталей методом глубокой вытяжки из ленты, по мере необходимости, следует производить межоперационный отжиг, стабилизирующий отжиг производится перед калибровкой.

2. Операцию 3 производить в случае, если сталь в состоянии поставки не отожжена.

Таблица 16

Режимы термической обработки деталей из сталей различных марок, применяемых без термического упрочнения

Марка стали или сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
08пс 10	Отжиг	650—700	2—3	Воздух
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	440—460	4—5	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8—10	Воздух
35	Нормализация	860—880	1—3	То же
	Высокий отпуск	600—640	3—5	»
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	400—450	4—5	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму II	160—180	8—10	Воздух
45	Нормализация	840—870	1—3	То же
	Высокий отпуск	600—640	3—5	»
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	440—460	4—5	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму II	160—180	8—10	Воздух
12Х18Н10Т (Х18Н10Т) 12Х18Н9Т (Х18Н9Т) ЭИ395	Закалка	1050—1100	—	Вода
17Х18Н9 (12Х18Н9)	То же	1100—1150	—	То же
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	340—360	8—10	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму II	160—180	8—10	Воздух

Продолжение табл. 16

Марка стали или сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
ШХ15	Нормализация	840—860	1—3	Воздух
	Высокий отпуск	600—620	3—6	То же
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	340—360	4—5	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму II	160—180	8—10	Воздух
40ХН2СВА	Отжиг	600—650	4—5	То же
	Стабилизирующий отжиг по режиму I	200—220	3—4	»
	Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8—10	»

Примечание. Время выдержки при нормализации назначается в зависимости от сечения деталей.

Таблица 17

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из сталей различных марок, применяемых в состоянии термического улучшения

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение заготовки (отрезка от прутка, штамповка)		
2	Отжиг или нормализация с высоким отпуском		
3	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1—2 *мм* на сторону		
4	Улучшение (закалка и высокий отпуск)		
5	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,5 *мм* на сторону для наиболее точных размеров		
6	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующий отжиг по режиму I	
7	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
8	—	Окончательная механическая обработка	
9	—	Стабилизирующее старение по режиму II	

Примечания:

1. При изготовлении деталей методом глубокой вытяжки из ленты, по мере необходимости, применяется межоперационный отжиг, стабилизирующий отжиг по режиму I производить перед калибровкой.
2. Операцию 2 производить в случае, если сталь в состоянии поставки не отожжена.
3. Операцию 3 производить для деталей с сечением свыше 25 *мм*.

Таблица 16

Режимы термической обработки деталей из стали различных марок, применяемых в состоянии термического улучшения

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
35	26...32	Закалка	840—860	—	Вода, расплав селитры или щелочи с температурой 110—150°С
		Высокий отпуск	450—500	—	Воздух
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	400—450	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
45	26...32	Закалка	830—850	—	Вода или масло
		Высокий отпуск	500—520	—	Воздух
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	400—450	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
50	26...32	Закалка	820—840	—	Масло
		Отпуск	500—550	1,5—3,0	Воздух
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	400—450	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух

Продолжение табл. 18

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
40Х	26..32	Закалка	830—850	—	Масло
		Высокий отпуск	550—600	3,0—4,0	Воздух
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	400—450	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
ШХ15 ШХ15Г	26..30	Закалка	840—860	—	Масло
		Высокий отпуск	550—600	1,5—3,0	Воздух
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	400—450	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
14Х17Н2 (1Х17Н2)	26..32	Закалка	1020—1050	—	Масло, воздух
		Высокий отпуск	650—680	2,0—3,0	Воздух
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	400—510	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
20Х13 (2Х13)	26..32	Закалка	980—1020	—	Масло, воздух
		Высокий отпуск	550—600	2,0—3,0	Воздух
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	340—360	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе

Продолжение табл. 10

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
40Х13 (4Х13) ЭИ474	26..32	Закалка	1050—1070	—	Масло, воздух
		Высокий отпуск	610—640	—	Воздух
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	340—360	8,0—10,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
38Х2МЮА (38ХМЮА)	24..30	Закалка	900—940	—	Масло
		Высокий отпуск	630—650	—	Воздух или масло
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	490—510	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
36НХТЮ (ЭИ702)	22..30	Закалка	920—940	—	Вода
		Старение	830—870	2,0—1,0	Воздух
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	340—360	8,0—10,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух

Продолжение табл. 18

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
4Х18Н2М (ЭП378)	30..35	Закалка	1030—1050	—	Масло
		Высокий отпуск	640—690	2,0—3,0	Воздух
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	490—510	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
28ХГСА	24..28	Закалка	890—910	—	Масло
		Высокий отпуск	540—590	—	Воздух или масло
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	[illegible]—510	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
30ХГСА	21..28	Закалка	890—910	—	Масло
		Высокий отпуск	670—610	2,0—3,0	Воздух или масло
		Стабилизирующий отжиг по режиму I	490—510	4,0—5,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух

Примечания

1. Режимы отжига или нормализации для сталей различных марок приведены в табл. 16.

2. Время выдержки при нагреве под закалку, а также при отпуске после закалки, назначается в зависимости от конкретных изделий и производственных условий.

3. Охлаждение с печью производить со скоростью не более 100°С/ч.

4. Если недопустимо окисление поверхности деталей, стабилизирующий отжиг производить в вакууме или в защитной среде.

Таблица 19

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из сталей различных марок, применяемых с термическим упрочнением на твердость HRC > 35

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение заготовки (отрезка от прутка, штамповка)		
2	Отжиг или нормализация с высоким отпуском		
3	Основная механическая обработка с припуском до 0,3 мм на сторону		
4	Термообработка на заданную твердость		
5	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска до 0,1 мм по наиболее точным размерам	
6	Окончательная механическая обработка в соответствии с чертежом	Стабилизирующий отпуск по режиму I	
7	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
8	—	Окончательная механическая обработка в соответствии с чертежом	
9	—	Стабилизирующее старение по режиму II	

Примечание. Операцию 2 производить в случае, если сталь в состоянии поставки не отожжена.

2187/05

Таблица 20

Режимы термической обработки деталей высокоточных приборов из сталей различных марок, применяемых с термическим упрочнением на твердость HRC > 35

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °C	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
45		Отжиг	810—840	—	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	830—850	—	Вода, масло или через воду в масло
	40..45	Отпуск	320—400	3,0—5,0	Воздух
	45..50	То же	200—250	3,0—5,0	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»
40Х		Отжиг	880—900	—	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	830—850	—	Масло
	34..40	Отпуск	400—470	3,0—5,0	Воздух
	40..46	То же	350—400	3,0—5,0	То же
	44..48	»	300—350	3,0—5,0	»
	52..55	»	160—180	3,0—5,0	»
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»

2187/85

Продолжение табл. 20

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
25ХГСА		Отжиг	850—880	—	С печью до температуры 500°С, далее на воздухе
		Закалка	890—910	—	Масло
	35..40	Отпуск	420—460	3,0—5,0	Воздух или масло
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	Воздух
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	То же
30ХГСА		Отжиг	880—900	—	С печью до температуры 500°С, далее на воздухе
		Закалка	890—910	—	Масло
	30..37	Отпуск	540—560	3,0—5,0	Воздух или масло
	37..41	То же	480—500	3,0—5,0	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	Воздух
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	То же
У8А		Отжиг	740—760	—	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	760—780	—	Масло или через воду в масло
	58..62	Отпуск	180—200	3,0—5,0	Воздух
	44..48	То же	380—420	3,0—5,0	То же
	40..45	»	400—440	3,0—5,0	»

Продолжение табл. 20

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	Воздух
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	То же
У10А		Отжиг	800—810	—	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	770—790	—	Масло или через воду в масло
	60..62	Отпуск	160—180	3,0—5,0	Воздух
	56..60	То же	190—200	3,0—5,0	То же
	52..58	»	270—320	3,0—5,0	»
	34..48	»	420—500	3,0—5,0	»
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»
ШХ15		Отжиг	780—810	—	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	840—860	—	Масло
		Обработка холодом	Минус 60 — минус 100	1—2	Воздух
	62..64	Отпуск	160—180	—	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»

2187/05

Продолжение табл. 20

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
ШХ15П		Отжиг	780—810	—	Воздух
		Закалка	840—860	—	Масло
		Обработка холодом	Минус 50 — минус 100	1—2	Воздух
	62..64	Отпуск	160—180	—	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	120—140	8,0—10,0	»
20Х13 (2Х13)		Отжиг	850—870	—	»
		Закалка	980—1020	—	Масло или воздух
	38..45	Отпуск	240—260	3,0—5,0	Воздух
	40..48	То же	190—210	2,0—5,0	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»
40Х13 (4Х13)		Отжиг	850—860	—	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	1050—1070	—	Масло или воздух
	45..52	Отпуск	350—400	3,0—5,0	Воздух
	50..55	То же	200—220	4,0—5,0	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»

Продолжение табл. 20

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
ЭИ474		Отжиг	860—800	—	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	1050—1070	—	Масло или воздух
	40..50	Отпуск	180—300	3,0—4,0	Воздух
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	То же
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»
14Х17Н2 (1Х17Н2)		Отжиг	670—690	—	»
		Закалка	1020—1040	—	Масло
		Обработка холодом	Минус 50 — минус 100	1,0—2,0	Воздух
	38..45	Отпуск	180—270	2,0—3,0	Воздух
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	То же
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»
95Х18 (9Х18)		Отжиг	850—870	3,0—4,0	С печью до температуры 600°С, далее на воздухе
		Закалка	1000—1050	—	Воздух или подогретое масло
		Обработка холодом	Минус 80 — минус 100	0,5—1,0	Воздух

181/185

Продолжение табл. 20

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
	55..60	Отпуск	180—280	4,0—5,0	Воздух или вакуум
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	Воздух
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	То же
36НХТЮ		Закалка	920—940	—	Вода
	32..40	Старение	730—740	3,0—4,0	Вакуум
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	340—360	8,0—10,0	С печью до температуры 200°С, далее на воздухе
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—170	8,0—10,0	Воздух
4Х18Н2М (ЭП378)		Нормализация	950—990	2,0—3,0	То же
		Высокий отпуск	680—700	4,0—6,0	»
		Закалка	1030—1050	—	В приспособлении в инертной среде
		Обработка холодом	Минус 50—минус 100	1,0—2,0	Воздух
	48..52	Отпуск	180—200	2,0—3,0	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	160—180	6,0—8,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	140—160	8,0—10,0	»
4Х13Н6ЛВФ (ЭП-354)		Закалка	980—1000	—	Вода, масло или воздух

2181/85

Продолжение табл. 20

Марка стали или сплава	Твердость HRC	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
	≥58	Обработка холодом	Минус 70—минус 90	2,0—3,0	Воздух
		Отпуск (2—3 кратный)	165—176	2,0—3,0	То же
		Стабилизирующий отпуск по режиму I	170—190	6,0—10,0	»
		Стабилизирующее старение по режиму II	160—180	6,0—12,0	»

Примечания:

1. Время выдержки при отжиге, нагреве под закалку и отпуске после закалки, а также при обработке холодом, назначается в зависимости от конкретных изделий и производственных условий.

2. После окончательного изготовления деталей из холоднотянутой проволоки сплава 36НХТЮ производить старение только в вакууме при температуре 600±10°C, выдержка 2 ч. Предел прочности ($\sigma_в$) ≥ 130 кгс/мм², относительное удлинение (δ) ≥ 7%.

3. Для нержавеющих сталей после закалки рекомендуется применять обработку холодом по режиму: температура охлаждения минус 40°C — минус 100°C, время выдержки 1—2 ч.

Таблица 21

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из стали 12ХН3А, применяемой с химико-термическим упрочнением (цементацией)

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение заготовки (отрезка от прутка)		
2	Нормализация с высоким отпуском		
3	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска до 0,4 мм на сторону		
4	Защита мест, не подлежащих цементации, — меднение		
5	Химико-термическая обработка (цементация); высокий отпуск		
6	Снятие меди		
7	Основная механическая обработка с оставлением припуска до 0,3 мм на сторону		
8	Термообработка на требуемую твердость		
9	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска до 0,1 мм по наиболее точным размерам	
10	Окончательная механическая обработка	Стабилизирующий отпуск по режиму I	
11	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
12	—	Окончательная механическая обработка в соответствии с чертежом	
13	—	Стабилизирующее старение по режиму II	

Примечания:

1. Операцию 2 проводить в случае, если сталь в состоянии поставки не отожжена.
2. Высокий отпуск после цементации рекомендуется применять для понижения твердости поверхностного слоя.

Таблица 22

Режим термической обработки деталей из стали 12Х2Н3А, применяемой с химико-термическим упрочнением (цементацией)

Марка стали	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
12Х2Н3А	Нормализация	890-920	2-4	Воздух
	Высокий отпуск	650-670	1-2	То же
	Цементация	900-920	-	В ящике на воздухе
	Высокий отпуск	650-670	2-4	Воздух
	Закалка	770-790	-	Масло
	Обработка холодом	Минус 60 - минус 100	1	Воздух
	Отпуск	150-170	3	То же
	Стабилизирующий отпуск по режиму I	140-160	8-10	"
	Стабилизирующее старение по режиму II	120-140	8-10	"

Примечание. Время выдержки при цементации определяется в зависимости от глубины слоя:
- 0,15 мм за 1 ч при глубине заданного слоя до 1,0 мм;
- 0,1 мм за 1 ч при глубине заданного слоя более 1,0 мм.

Таблица 226

Режимы термической обработки деталей электровакуумных приборов из сплавов марок 36Н, 32НКД с низким температурным коэффициентом расширения

Марка сплава	Наименование термической	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
36Н 32НКД	Закалка	820-840	0,5-1,0	Вода
	Отпуск	305-325	1,0	Воздух
	Стабилизирующее старение	90-100	48	То же

Примечание. Нагрев деталей под закалку допускается производить в соляных ваннах. Время выдержки 5-10 мин (в зависимости от сечения).

(8) Изв. 3302 от [illegible]

9181/05

Таблица 22а

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из сплавов марок 36Н, 32МКД с малым температурным коэффициентом расширения

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
	Детали изготовляемые из прутка		
1	Получение заготовки (отрезка)		
2	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 0,5 – 2,0 мм на сторону		
3	Закалка		
4	Отпуск		
5	Чистовая механическая обработка		
6	Пайка (в случае необходимости)		
7	Отпуск (в случае пайки твердым припоем)		
8	Окончательная механическая обработка		
9	Стабилизирующее старение		
10	Гальваническое или лакокрасочное покрытие		
	Детали, изготовляемые из листа		
1	Получение заготовки (отрезка)		
2	Подкатка заготовки в размер (по необходимости)		
3	Закалка (в прислособлении)		
4	Окончательная механическая обработка		
5	Отпуск (приспособлений)		
6	Доводка		
7	Стабилизирующее старение		
8	Гальваническое или лакокрасочное покрытие		
9	Доводка (по необходимости)		
	Детали, изготавливаемые из листа и полосы		
1	Получение заготовки (отрезка)		
2	Предварительная механическая обработка		
3	Закалка		
4	Отпуск		
5	Окончательная механическая обработка		
6	Стабилизирующее старение		
7	Гальваническое или лакокрасочное покрытие		

Таблица 24

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из прутка латуней и бронз в отожженном состоянии

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 *мм* на сторону		
2	Отжиг по режиму I		
3	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 *мм* на сторону по наиболее точным размерам		
4	Окончательная механическая обработка	Стабилизирующий отжиг по режиму II	
5	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Окончательная механическая обработка	
6	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующее старение по режиму III
7	—	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие

8218/08

Таблица 25

Режимы термической обработки при изготовлении высокоточных деталей из латуней и бронз в отожженном состоянии

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
Бр АМц9-2	Отжиг по режиму I	650—750	1,0—1,5	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
Бр АЖ9-4	То же	700—750	1,0—1,5	То же
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	310—330	1,0—1,5	»
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	4,0—6,0	Воздух
Бр ОФ6,5-0,15 Бр ОФ7-0,2	Отжиг по режиму I	475—675	1,0—1,5	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	290—310	1,0—1,5	То же
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	4,0—6,0	Воздух
Бр КМц3-1	Отжиг по режиму I	600—700	1,0—1,5	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	290—310	1,0—1,5	То же
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	4,0—6,0	Воздух
Л68	Отжиг по режиму I	450—700	1,0—1,5	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
Л63	То же	400—600	1,0—1,5	То же
ЛС59-1	»	400—600	1,0—1,5	»
ЛО62-1	»	400—600	1,0—1,5	»
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	180—200	1,0—1,5	Воздух
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	4,0—6,0	То же

Таблица 28

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из латуней и бронз, применяемых в нагартованном состоянии

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Окончательная механическая обработка	Предварительная механическая обработка с оставлением припуска 1,5—2,0 мм на сторону	
2	Отжиг по режиму I		
3	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Окончательная механическая обработка	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам
4	—	Стабилизирующий отжиг по режиму II	
5	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Окончательная механическая обработка
6	—	—	Стабилизирующее старение по режиму III
7	—	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие

Примечание. Для деталей 3 категории антикоррозионное покрытие может выполняться перед стабилизирующим старением.

21818/05

Таблица 27

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из латуней и бронз, применяемых в нагартованном состоянии

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
Бр. АМц9-2 Бр. АЖ9-4	Отжиг по режиму I	310—330	1,0—1,5	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	310—330	1,0—1,5	С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	4,0—6,0	Воздух
Бр. ОФ6,5— —0,15 Бр. ОФ7-0,2 Бр.КМц3-1	Отжиг по режиму I	290—310	1,0—1,5	С печью до температуры 150°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	290—310	1,0—1,5	С печью до температуры 100—150°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	4,0—6,0	Воздух
Бр.Х08	Отжиг по режиму I	340—360	6,0—7,0	С печью до температуры 150°С, или на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	340—360	3,0—4,0	С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение по режиму III	110—130	4,0—6,0	Воздух
МНЦ15-20	Отжиг по режиму I	390—410	1,0—1,5	С печью до температуры 150°С, или на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	390—410	1,0—1,5	Вакуум
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	4,0—6,0	Воздух

2181/85

Продолжение табл. 27

Марка сплава	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
Л63 Л68 ЛС59-1 ЛО62-1	Отжиг по режиму I	220—240	1,0—1,5	Воздух
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	180—200	1,0—1,5	
	Стабилизирующее старение по режиму III	130—150	1,0—6,0	

Примечание. Если недопустимо окисление поверхности деталей стабилизирующий отжиг бронз по режиму II производить в вакууме или в защитной среде.

27181/08

Таблица 28

Схема типового технологического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из бериллиевой бронзы Бр. Б2, применяемой в термически упрочненном состоянии

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Получение заготовки		
2	Предварительная механическая обработка с припуском 1,5—2,0 мм на сторону		
3	Закалка		
4	Окончательная механическая обработка	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	
5	Старение по режиму I		
6	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Окончательная механическая обработка	
7	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующее старение по режиму II
8	—	—	Гальваническое или лакокрасочное покрытие

Примечания:
1. Операцию 2 выполнять для деталей толщиной более 10 мм.
2. Для деталей 3 категории антикоррозионное покрытие может выполняться перед стабилизирующим старением.

2/81/08

Таблица 29

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из прутка бериллиевой бронзы БрБ2, применяемой в термически упрочненном состоянии

Марка сплава	Твердость HV(H_μ)	Наименование термической операции	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
БрБ2		Закалка	760—780	В зависимости от толщины	Вода
	300—395	Старение по режиму I	310—320	2	Вакуум или защитная среда, или воздух
		Стабилизирующее старение по режиму II	90—110	3—4	То же

Примечания:

1. Охлаждение с печью до температуры 100°С производить в случае старения в вакууме (давление не более 10^{-4} *мм рт. ст.*), когда недопустимо поверхностное окисление деталей.

2. Температуру старения допускается назначать в зависимости от требуемой твердости.

3. Для деталей с толщиной менее 0,5 *мм* производить замер твердости на приборе ПМТ-3 ГОСТ 10717—64.

Таблица 30

Схема типового технического процесса изготовления деталей высокоточных приборов из титановых сплавов

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Отжиг по режиму I (кроме сплава ВТ14)		
2	Предварительная механическая обработка с припуском 1 мм на сторону (для сплава ВТ14)		
3	Упрочняющая термообработка для сплава ВТ14 (закалка, старение)		
4	Окончательная механическая обработка	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,5 мм на сторону по наиболее точным размерам	
5	—	Стабилизирующий отжиг по режиму II	
6	—	Окончательная механическая обработка	
7	—	—	Термоциклическая стабилизирующая обработка по режиму III. Стабилизирующее старение (для сплавов ВТ3-1, ВТ14)

21181/08

Таблица 31

Режимы термической обработки при изготовлении деталей высокоточных приборов из титановых сплавов

Марка сплава	Наименование термической операции	Вид полуфабриката	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия нагрева и охлаждения
ВТ1-00 ВТ1-0	Отжиг по режиму I	Поковки	700—810	1,0—1,5	Вакуум при $P_{ост} < 10^{-4}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
		Прутки	670—700	1,0—1,5	Воздух
		Листы	520—540	0,5—1,0	То же
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	Все виды	490—510	1,0—1,5	Вакуум при $P_{ост} < 10^{-4}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
	Термоциклическая стабилизирующая обработка (3 цикла) по режиму III:	То же			
	охлаждение		Минус 60	0,5—1,0	Воздух или жидкость
	нагрев		100	1,0—2,0	То же При третьем цикле — воздух
ВТ5 ВТ5Л ВТ5-1	Отжиг по режиму I	»	740—760	1,0—1,5	Вакуум при $P_{ост} < 10^{-4}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	»	490—510	1,0—1,5	То же
	Термоциклическая стабилизирующая обработка (3 цикла) по режиму III:	»			
	охлаждение		Минус 60	0,5—1,0	Воздух или жидкость
	нагрев		100	1,0—2,0	То же При третьем цикле — воздух

9181/05

Продолжение табл. 31

Марка сплава	Наименование термической операции	Вид полуфабриката	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия нагрева и охлаждения
ВТ6	Отжиг по режиму I	Поковки Штамповки	740—760	1,0—1,5	Вакуум при $P_{ост} < 10^{-3}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
		Прутки Листы	790—810	1,0—1,5	Воздух
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	Все виды	540—560	1,0—1,5	Вакуум при $P_{ост} < 10^{-3}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
	Термоциклическая стабилизирующая обработка (3 цикла) по режиму III:	То же			
	охлаждение		Минус 50	0,5—1,0	Воздух или жидкость
	нагрев		100	1,0—2,0	То же При третьем цикле — воздух
ВТ8	Отжиг по режиму I	Поковки Штамповки	740—760	1,0—1,5	Вакуум при $P_{ост} < 10^{-3}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
		Прутки Листы	1-я ступень 870—890 2-я ступень 580—600	1,0—1,5	Воздух
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	Все виды	540—560	1,0—1	Вакуум при $P_{ост} < 10^{-3}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе

Продолжение табл. 31

Марка сплава	Наименование термической операции	Вид полуфабриката	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия нагрева и охлаждения
	Термоциклическая стабилизирующая обработка (3 цикла) по режиму III:	Все виды			
	охлаждение		Минус 50	0,5—1,0	Воздух или жидкость
	нагрев		100	1,0—2,0	То же При третьем цикле — воздух
ВТ3-1	Отжиг по режиму I	То же	870—920	1,0—1,5	Перенос в печь с температурой 550—600°С — 2—5 ч, далее на воздухе
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	»	530—620	0,5—1,0	Вакуум при $Р_{ост} \leq 10^{-3}$ мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
	Стабилизирующее старение	»	140—160	2,5—3,0	Воздух
ВТ14	Упрочняющая термообработка:	»			
	закалка		870—890	0,6—0,8	Вода
	старение		500—650	8,0—12,0	Воздух
	Стабилизирующий отжиг по режиму II	»	400—450	6,0—8,0	То же
	Стабилизирующее старение	»	100—180	1,0—6,0	»

Примечание. Твердость сплава ВТ14 после закалки и старения HRC 35...41.

Таблица 32

Схема типового технологического процесса изготовления деталей из сталей 10Х13, 20Х13, 40Х13 и 35 с применением пайки припоем ПСр 72

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Пайка		
2	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,8 мм на сторону по базовым и точным размерам		
3	Стабилизирующий отжиг (табл. 34)		
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие (для стали 35)		
5	Окончательная механическая обработка		
6	—		Стабилизирующее старение (табл. 34)

Примечание. Пайку припоем ПСр 72 производить в водородной печи.

Ⓓ - 13066 Лерид 19.07.77.

8161705

Таблица 33

Схема типового технологического процесса изготовления деталей из стали 35 с применением пайки медью

Последовательность операций	Операции обработки деталей по категориям		
	1	2	3
1	Пайка		
2	Нормализация (для стали 35)		Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,8 мм на сторону по базовым и точным размерам
3	Стабилизирующий отжиг	Чистовая механическая обработка с оставлением припуска 0,2—0,8 мм на сторону по базовым и точным размерам	
4	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	Стабилизирующий отжиг	
5	Окончательная механическая обработка	Гальваническое или лакокрасочное покрытие	
6	—	Окончательная механическая обработка	
7	—	—	Стабилизирующее старение

Примечание. Пайку медью производить в водородной печи.

Таблица 31

Режимы стабилизирующей термической обработки паяных деталей из сталей 10Х13, 20Х13, 40Х13 и 35

Последовательность операций	Температура нагрева, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
Нормализация (для стали 35)	860—880	—	В токе водорода в течение 30—60 с до температуры 100°С, далее на воздухе
Стабилизирующий отжиг	490—510	4—5	Вакуум при $P_{ост}$ = 10^{-2} мм рт. ст. С печью до температуры 100°С, далее на воздухе
Стабилизирующее старение	160—170	8—10	Воздух

Примечание. Если поверхности деталей из стали 35 не окончательно обработаны до пайки, допускается проводить нормализацию в печах с воздушной атмосферой.

Таблица 35

Схема типового технологического процесса изготовления сборочных единиц высокоточных приборов

Последовательность операций	Операции обработки сборочных единиц по типу		
	1	2	3
1	Сборка деталей (запрессовка)	Сборка деталей	
2	—	Механическая обработка с припуском до 0,1 мм на сторону	—
3	Термоциклическая стабилизирующая обработка		
4	Окончательная механическая обработка (доводка) в соответствии с чертежом		
5	Стабилизирующее старение		

Примечание. Мелкие отверстия диаметром менее 3 мм разрешается выполнять после стабилизирующих обработок, если их выполнение на опытной партии не вызвало поводок деталей.

2181/05

Таблица 36

Режимы стабилизирующей термической обраб[illegible] и сборочных единиц

Последовательность операций	Наименование термической операции	Температура нагрева или охлаждения, °С	Время выдержки, ч	Условия охлаждения
1	Термоциклическая стабилизирующая обработка (3 цикла):			
	охлаждение	Минус 60—минус 70	1	Перенос в термостат с температурой 120—140°С
	нагрев	120—140	1	Воздух
2	Стабилизирующее старение	120—140	6—8	То же

Примечание. Термоциклическую стабилизиру[illegible]ую обработку разрешается производить в емкостях, заполненных сухим га[illegible] [illegible] этом случае при проведении обработки в термокамерах переключение с хол[illegible] на тепло и с тепла на холод допускается производить, не выгружая [illegible]етали из камеры.

4. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

4.1. После упрочняющей термической обработки детали необходимо подвергать контролю на соответствие с тр[illegible]бованиями чертежа.

4.2. Контроль механических свойств и качества упрочняющей термической обработки следует проводить в соответствии с технической документацией, действующей на предприятии-изготовителе, и государственными стандартами:

— твердость стальным шариком по Бринелю на приборе типа ТБ определяется согласно ГОСТ 9012—59. Этим методом испытывают, главным образом, поковки и отливки с твердостью от 8 до 450 единиц из черных и [illegible] металлов и сплавов;

— твердость вдавливанием шарика или конуса по Роквеллу на приборе типа ТР определяется согласно ГОСТ 9013—59.

В зависимости от твердости материала применяются наконечники двух типов: стальной шарик диаметром 1/16" для испытания металлов малой и средней твердости при суммарной (основной и предварительной) нагрузке 100 кг и алмазный конус с углом при вершине 120° для испытания твердых металлов при суммарной нагрузке 60 и ~~140 кг~~ 150 кг;

8

2181/85

8-Г3066 [signature] 18.07.77.

— твердость вдавливанием алмазной пирамиды по Виккерсу на приборе типа ТВ определяется согласно ГОСТ 2999—59. Этим методом определяется твердость деталей, имеющих тонкие диффузионные слои процессов азотирования, цементации, а также деталей с поверхностью, закаленной на малую глубину, и имеющих твердость от 8 до 1000 единиц;

— микротвердость вдавливанием алмазной пирамиды определяется согласно ГОСТ 9450—60. Этот метод применяется для определения твердости отдельных структурных составляющих, свойств тонких поверхностных слоев и в других случаях;

— испытания на растяжение проводятся согласно ГОСТ 1497—73;

— ударная вязкость при нормальной температуре определяется согласно ГОСТ 9454—60.

4.3. Контроль качества и глубины цементации осуществляется при помощи образцов-свидетелей, изготовленных из той же марки стали, из которой изготовлены детали, или из малоуглеродистой стали марок 10, 15.

Глубина цементации определяется отпуском закаленного «свидетеля» до появления цвета побежалости: цементированный слой и сердцевина окрашиваются в разные цвета.

4.4. Качество проведения стабилизирующей термической обработки контролируется точным соблюдением установленного технологического режима.

4.5. Геометрическая стабильность деталей и сборочных единиц проверяется по сохранению постоянства выходных параметров готового прибора после климатических и во время стендовых испытаний.

4.6. Все высокоточные измерения должны производиться в условиях строго постоянной температуры.

5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. При стабилизирующей термической обработке деталей и сборочных единиц высокоточных приборов могут возникнуть следующие виды опасности (вредности):

— электроопасность;
— пожаро- и взрывоопасность;
— термоопасность;
— опасность химических ожогов;
— опасность травмирования от движущихся частей оборудования;
— отравление.

5.2. Источниками (носителями) опасности являются:

а) электрооборудование.

Поражение электрическим током может произойти при:

— прикосновении к металлическим частям оборудования, которые могут оказатся под напряжением в результате ненадежного заземления;

— некачественной изоляции наружной электропроводки;

— нарушении работы блокировочных устройств, отключающих питание электрической сети при загрузке и выгрузке электрических печей;

б) пожаро- и взрывоопасные материалы.

Пожар может произойти при загорании закалочного масла.

Взрыв может произойти при:

— неправильном хранении и эксплуатации баллонов с аммиаком (работа на установках для светлой закалки), с жидким азотом (обработка деталей холодом);

— перегреве селитры выше температуры 600°С (обработка деталей в селитровых ваннах);

— пайке в активной газовой среде водорода;

— подготовке к процессу цементации твердым карбюризатором;

в) нагретые части электропечей, печей-ванн, закалочных баков, нагретые детали.

Тепловой ожог может возникнуть при:

— ручной загрузке и выгрузке из электрических печей, печей-ванн, закалочных баков;

— разбрызгивании горячего масла, расплавов солей, щелочей и селитры;

г) химически активные вещества.

Химический ожог может возникнуть при попадании щелочи, селитры, сухого льда, жидкого азота на кожу работающих;

д) движущиеся части оборудования.

Механические травмы могут возникнуть при транспортировке корзин и ящиков с деталями, приспособлений и др.;

е) токсичные материалы.

Отравления работающих могут возникнуть от воздействия:

— паров щелочей и селитры — при работе на печах-ваннах;

— аммиака — при работе на установках для светлой закалки;

— азота — при обработке деталей холодом;

— бериллия и бериллиевых бронз — при термической обработке.

5.3. Для обеспечения безопасности работающих необходимо предусмотреть:

а) для предупреждения электроопасности:

21181/08

— надежное заземление металлических частей электрических печей, печей-ванн и электроаппаратуры, которые могут оказаться под напряжением в результате некачественного заземления;

— качественную изоляцию наружной электропроводки;

— блокировку, отключающую электрическое питание при загрузке и выгрузке электрических печей;

— предохранительные устройства, отключающие электроэнергию в случае перегрева нагревательных элементов печи и перегрузки в электросети;

— выполнение «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором 12 апреля 1969 г.;

б) для предупреждения пожаро- и взрывоопасности:

— плотно закрывающиеся крышки для закалочных масляных ванн;

— изолированные помещения, снабженные приточно-вытяжной вентиляцией, выполненной во взрыво-безопасном исполнении, для проведения процесса цементации твердым карбюризатором, приготовление которого идет с выделением угольной пыли;

— контроль нагрева селитры не выше температуры 550—600°С;

— отдельные помещения для хранения баллонов со сжиженным азотом и аммиаком;

— транспортировку и хранение баллонов в устойчивом положении, закрепленных специальными хомутиками, исключающими возможность их падения;

— приточно-вытяжную вентиляцию на участке водородной пайки, не связанную с общей вентиляционной системой предприятия, так как содержание водорода в воздухе более 9,5% может привести к образованию взрывоопасной смеси. Содержание водорода в воздухе не должно превышать 1,9%;

— автоматические сигнальные устройства, сообщающие о прекращении отсоса и притока воздуха;

— продувка перед запуском водородной печи азотом под давлением 0,3—0,5 *атм* в течение 15—20 *мин*.

Если при работе печи прервана подача водорода, возобновлять его подачу категорически воспрещается. В этом случае необходимо охладить печь до температуры 50°С и провести новый запуск печи, начиная с продувки;

— специальное помещение для хранения баллонов с водородом с приточно-вытяжной вентиляцией, оборудованное стойками для крепления баллонов в вертикальном положении;

— специально оборудованные места для хранения противопожарного инвентаря;

— соблюдение «Типовых правил противопожарной безопасности для промышленных предприятий», утвержденных ГУПО МВД СССР 25 августа 1954 г.;

— соблюдение «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», утвержденных Госгортехнадзором СССР 19 мая 1970 г.;

в) для предупреждения термоопасности:

— теплоизоляцию стенок и заслонок печей, печей-ванн, обеспечивающую температуру их наружной поверхности не выше 45°С;

— погружение деталей в расплавленную соль (щелочь), селитру, предварительно подогретых до температуры 100–150°С, во избежание разбрызгивания расплава;

— специальные клещи для переноса нагретых деталей;

г) для предупреждения опасности химического ожога:

— изолированный участок термической обработки в печах-ваннах;

— погружение деталей в расплавленную соль (щелочь), селитру, предварительно подогретых до температуры 100—150°С, во избежание выброса соли;

— добавление в ванну соли (щелочи) только хорошо просушенной, небольшими порциями при помощи ковша с длинной ручкой;

— уровень раствора в ваннах не более чем на 0,7 высоты;

— фонтанчики и нейтрализующие растворы для ополаскивания кожи от случайно попавших на нее брызг или капель щелочей и селитры;

— изолированные помещения для хранения щелочи и селитры в закрытой металлической таре;

— клещи длиной не менее 70 *см* для работающих с сухим льдом;

д) для предупреждения опасности травмирования от движущихся частей оборудования:

— соблюдение «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», утвержденных Госгортехнадзором 30 декабря 1969 г.;

е) для предупреждения отравления:

— местные отсосы от печей-ванн, выделяющих пары щелочей, селитры, от закалочных масляных баков, от баллонов с аммиаком и азотом;

— плотно закрывающуюся тару для хранения материалов с четкими наименованиями и надписью «Огнеопасно»;

— соблюдение «Санитарных правил при работе с бериллием и его соединениями», введенных служебной запиской Министерства от 25 июня 1974 г. № 305/70.

5.4. При проведении термической обработки деталей применять следующие методы и средства контроля параметров опасности (вредности):

— в электропечах и печах-ваннах систематически контролировать изоляцию и заземление в соответствии с ПУЭ изд. IV (гл. 1—6);

— контроль воздушной среды на участке водородной пайки проводить сигнализатором СВК-3М1;

— периодический контроль воздуха на содержание вредных веществ.

5.5. При выполнении указанных технологических процессов работающие должны быть снабжены защитными средствами и спецодеждой, предусмотренными «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений рабочим и служащим машиностроительных металлообрабатывающих производств», утвержденными постановлением Госкомитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и Президиума ВЦСПС № 1097/П-27 от 30 декабря 1959 г.

При разработке технологических процессов руководствоваться «Правилами техники безопасности и производственной санитарии по термической обработке металлов», утвержденными постановлением Президиума ЦК профсоюза рабочих машиностроения 6 июля 1960 г., согласованными с Главной государственной санитарной инспекцией СССР, введенными приказом Министерства от 26 мая 1967 г. № 238.

6. МАТЕРИАЛЫ

Наименование	ГОСТ или ТУ
Азот газообразный и жидкий технический	ГОСТ 9293—~~[illegible]~~ 74
Аммиак жидкий синтетический (1 сорт)	ГОСТ 6221—70
Бронзы безоловянные Бр. АМц9-2, Бр.АЖ9-4, Бр. КМц3-1	ГОСТ 493—54
Бронза хромистая Бр.Х08 *	ЧМТУ 32—99—53
Бронза бериллиевая Бр.Б2	ГОСТ 1789—70
Двуокись углерода твердая (сухой лед) *	ГОСТ 12162—66
Латунь Л68 *, Л63, ЛО62—1 *, ЛС59—1	ГОСТ 15527—70
Масло индустриальное ~~12 [illegible]~~ И-12А	~~ГОСТ [illegible]~~ ГОСТ 20799—75
Масло индустриальное ~~20 (веретенное 3)~~ И-20А	~~ГОСТ [illegible]~~ ГОСТ 20799—75
Масло индустриальное ~~30 [illegible]~~ И-30А	~~ГОСТ [illegible]~~ ГОСТ 20799—75
Масло индустриальное ~~45 [illegible]~~ И-40А	~~ГОСТ [illegible]~~ ГОСТ 20799—75
Масло индустриальное ~~50 [illegible]~~ И-50А	~~ГОСТ 1707—51~~ ГОСТ 20799—75
Прутки из оловянно-фосфористой бронзы Бр.ОФ7-0,2, Бр.ОФ6,5-0,15	ГОСТ 10025—62
Припой ПСр 72	ГОСТ 8190—56
Прутки горячекатанные и кованные из стали марки 4Х13Н6ЛВФ (ЭП—354) *	ТУ14-1-596—73
Сплавы алюминиевые деформируемые АД *, АД1, АМц, АМг1 *, АМг2, АМг3, АМг6, Д1, Д16, В95, АК6 *	ГОСТ 4784—65
Сплав магниевый МА8, МА2—1	ГОСТ 14957—76
Сплав магниевый Мл5, Мл10 *	ГОСТ 2856—68
Сплавы алюминиевые АЛ2, АЛ9, АЛ24 *,	ГОСТ 2685—63
Сплавы литейные 15Л *, 35Л, 45Л, 50Л *,	ГОСТ 977—65
Сплавы литейные 20Х13Л, 10Х17Н3СЛ	ГОСТ 2176—67
Сплавы никелевые и медноникелевые МНЦ15—20	ГОСТ 492—73
Сталь углеродистая качественная конструкционная 08пс * 10, 35, 45, 50 *	ГОСТ 1050—~~[illegible]~~ 74

2187/08

(1) - Г3016 [illegible] 1977.

Продолжение

Наименование	ГОСТ или ТУ
Сталь инструментальная углеродистая У8А, У10А*	ГОСТ 1435—74
Сталь легированная конструкционная 12ХН3А, 40Х, 30ХГСА, 38Х2МЮА (38ХМЮА), 25ХГСА*	ГОСТ 4[illegible]3—71
Сталь шарико- и роликоподшипниковая ШХ15, ШХ15[illegible]	ГОСТ [illegible]1—60
Сталь высоколегированная и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные 12Х13 (1Х13), 2[illegible]Х13 ([illegible]), [illegible]Х13 ([illegible]Х13), 95Х18 (9Х18), 12Х18Н[illegible] (Х18Н[illegible]), [illegible]Х18Н9 (2Х18Н9), 14Х17Н2 (1Х17Н2), 12Х18Н10Т (Х18Н10Т)	ГОСТ 5632—72
Сталь специальная ЭИ474	ЧМТУ/ЦНИИЧМ [illegible]221—57
Сплавы прецизионные 36НХТЮ (ЭИ702)	ГОСТ [illegible]—74
Сплавы титановые ВТ1—00*, ВТ1—0, ВТ[illegible], ВТ5Л*, ВТ6*, ВТ8*, ВТ5—1, ВТ3—1, ВТ14*	ОСТ1 90013—71
Сталь нержавеющая автоматная марки 4Х18Н2М (ЭП 378)	ТУ14-1-311—7[illegible]
Цилиндрические заготовки из спеченного алюминиевого сплава САС-1*	ТУ1-4-65—7[illegible]

Примечание. Материалы, отмеченные знаком *, разрешается к применению для изделий вспомогательного производства.

О-13066 [illegible] 10.04.77.

РЕКОМЕНДУЕМОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ к ОСТ4 ГО. 054.103

ОБОРУДОВАНИЕ

Наименование	ГОСТ, ТУ или тип	Максимальная рабочая температура, °С	Размеры рабочего пространства, мм		
			Ширина или диаметр	Длина	Высота или глубина
Оборудование					
Камерная электропечь сопротивления с окислительной (воздушной) атмосферой	СНО-3.6.2/10-М1	1000	300	600	200
	СНО-3.6.5.2/10-М1	1000	300	650	200
	СНО-3.4,5.2/15-М2	1500	300	450	200
	СНО-4.8.2,6/10-М1	1000	400	800	260
Камерная электропечь сопротивления с защитной атмосферой	СНЗ-3.6,5.2/10-М1	1000	300	650	200
	СНЗ-4.8.2,6/10-М1	1000	400	800	260
	СНЗ-6.12.4/10-М1	1000	600	1200	400
	СНЗ-6.12.4/12-М1	1200	600	1200	400
Камерная электропечь с карборундовыми нагревателями	Г-30А	1300	300	400	250
Шахтная электропечь сопротивления для газовой цементации и нитроцементации	Ц-35Б	950	300	—	600
	Ц-60А	950	450	—	600
	Ц-75Б	950	450	—	900
	Ц-105А	950	600	—	1200
Соляная электродная электрованна сопротивления	СВС-1,5.3.4/8,5-М1	850	150	300	400
	СВС-3,5.8.4/6,5-М1	650	350	800	400
	СВС-35/13-М1	1300	250	360	450
Соляные электрованны сопротивления с металлическими тиглями с внешним обогревом	СВГ-1,5.2/8,5-М1	850	200	—	350
	СВГ-2,5.3,5/8,5-М1	850	300	—	535
	СВГ-3,5.4/8,5-М1	850	400	—	555

2181/05

Продолжение

Наименование	ГОСТ, ТУ или тип	Максимальная рабочая температура, °С	Размеры рабочего пространства, мм		
			Ширина или диаметр	Длина	Высота или глубина
Элеваторная вакуумная электропечь сопротивления	СЭВ-2,2/11,5-М1	1150	200	—	200
	СЭВ-3,3/11,5-М1	1150	300	—	300
	СЭВ-5,5/11,5-М1	1150	500	—	500
	ОКБ-8085	1300 (при вакууме), 1100 (при водороде)	470	—	790
	ОКБ-8086	1700 (при вакууме) 1600 (при водороде)	310	—	600
Колпаковая вакуумная электропечь сопротивления	СГВ-2.3/154-2-М1	1500	200	—	300
	ЦЭП-301	1200	250	—	370
Термокамера	ТКСИ-01-70	(70—100)	600	500	380
Шахтная электропечь сопротивления с окислительной (воздушной) атмосферой	СШО-15,30/7	700	1500	—	3000
	ПН-34М	650	950	—	1220
Ламповый генератор для индукционного нагрева		Максимальная потребляемая мощность, кВт			
	ЛГЗ-10	17,5	1180	—	1020
	ЛГЗ-30	50,0	2750	—	1500
	ЛРЗ-60	100,0	2700	—	1500
	ЛПЗ-67	100,0	4100	2500	2025

Продолжение

Наименование	ГОСТ, ТУ или тип	Максимальная рабочая температура, °С	Размеры рабочего пространства, мм		
			Ширина или диаметр	Длина	Высота или глубина
Измерительные приборы					
Термометры термоэлектрические	ТПП ГОСТ 6616—74	1300	—	—	—
	ТХА ГОСТ 6616—74	1000	—	—	—
	ТХК ГОСТ 6616—74	600	—	—	—
Потенциометр	ЭПД-07	—	—	—	—
	ЭПД-12	—	—	—	—
	ЭПД-27	—	—	—	—
	ЭПД-12	—	—	—	—
	ЭПД-107	—	—	—	—
	ЭПП-12	—	—	—	—
	ПСР1-01	—	—	—	—
Твердомер	ТБ ГОСТ 13406—67	—	—	—	—
Твердомер	ТВ ГОСТ 13405—67	—	—	—	—
Твердомер	ТР ГОСТ 13407—67	—	—	—	—
Прибор для определения микротвердости	ПМТ-2				
	ПМТ-3				
	ГОСТ 10717—64				

О- 13066 [illegible] 19.08.77.

2151/08

СОДЕРЖАНИЕ

1

1. Общие положения . . . 5
2. Технические требования
3. Схемы типовых технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц высокоточных приборов. Режимы основной и стабилизирующей обработки деталей и сборочных единиц из различных металлов и сплавов . . . 5 58
4. Методы контроля . . . 59
5. Требования безопасности . . . 64
6. Материалы . . . [illegible]

Рекомендуемое приложение. Оборудование.

Лист регистрации изменений

Изм.	Стр. (листы)	Номер извещения	Подпись	Дата	Изм.	Стр. (листы)	Номер извещения	Подпись	Дата
[illegible]		13066	[illegible]	[illegible]					
[illegible]		13302	[illegible]	15.12.7[illegible]					